

# Patent [19]

[11] Patent Number: 11207149

[45] Date of Patent: Aug. 03, 1999

---

## [54] METAL CARRYING PHOTOCATALYST TYPE AIR PURIFIER

[21] Appl. No.: 10048496 JP10048496 JP

[22] Filed: Jan. 23, 1998

[51] Int. Cl.<sup>6</sup> B01D05386 ; B01D05304; B01D05334; B01D05381; B01J03502

### [57] ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain putting a photocatalyst type air purifier into practical use on a domestic/industrial scale with respect to an air purifiers using a photocatalyst to decompose contaminant particles by remarkably increasing the decomposition efficiency thereof.

SOLUTION: In this air purifier, metal carrying photocatalyst fine particles 28 where metal superfine particles 26 of 10 nm or less particle size are carried on photocatalyst fine particles 24 by 100 or more per photocatalyst fine particle 24 is used, and adsorbing material on whose surface a lot of the metal carrying photocatalyst fine particles 28 are dispersed and fixed is assembled to an excitation light source or a fan. In this way, the purifying efficiency of the photocatalyst type air purifier which has not been put to practical use can be remarkably increased. By manifestation of quantum size effect and high density carrying effect of the metal superfine particles 26, the photocatalyst type air purifier can be put to practical use on a domestic/industrial scale. In this case, decomposable contaminant particles 22 include not only harmful organic material such as tobacco but also organic material unnecessary for environment, hydrogen sulfide, mold, and bacteria such as coli bacillus.

\* \* \* \* \*

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-207149

(43)公開日 平成11年(1999)8月3日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	F I	
B 0 1 D 53/86	Z A B	B 0 1 D 53/36	Z A B J
53/04		53/04	A
53/34		B 0 1 J 35/02	J
53/81		B 0 1 D 53/34	B
B 0 1 J 35/02			

審査請求 未請求 請求項の数14 書面 (全 14 頁)

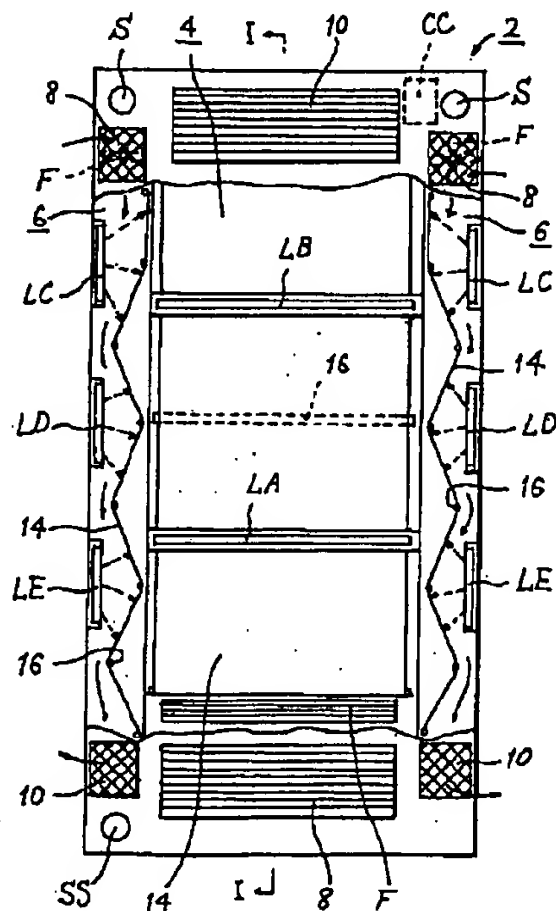
(21)出願番号	特願平10-48496	(71)出願人	597120466 小松 晃雄 大阪府大阪市住吉区苅田2丁目1番24号
(22)出願日	平成10年(1998)1月23日	(71)出願人	591040292 大研化学工業株式会社 大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号
		(72)発明者	小松 晃雄 大阪府大阪市住吉区苅田2丁目1番24号
		(74)代理人	弁理士 三木 久巳

(54) 【発明の名称】 金属担持光触媒型の空気清浄器

(57) 【要約】

【課題】 光触媒を用いて汚染物質粒子を分解する空気清浄器に関して、その分解効率を激増させて光触媒型の空気清浄器の家庭的・産業的実用化を達成する。

【解決手段】 粒径が10nm以下の金属超微粒子を光触媒微粒子1個当りに100個以上担持させた金属担持光触媒微粒子を用い、この金属担持光触媒微粒子を表面に多数分散固定させた吸着材を励起光源やファンと組み合わせることにより、従来実用化にまで至らなかった光触媒型の空気清浄器の浄化効率を飛躍的に激増させることに成功した。この金属超微粒子の量子サイズ効果と高密度担持効果の発現により、光触媒型の空気清浄器の家庭的および産業的な実用化への突破口を切り開いた。分解できる汚染物質粒子はタバコ等の毒性のある有機物質だけでなく、環境にとって不要な有機物質、硫化水素・カビ・大腸菌等の細菌等が含まれる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 粒径が10nm以下の金属超微粒子を光触媒微粒子に担持させた金属担持光触媒微粒子を用い、この金属担持光触媒微粒子を多数分散固定させた吸着材を配置し、この吸着材に励起光を照射する励起光源を設けることにより、前記吸着材に汚染空気中の汚染物質粒子を吸着させ、励起光を照射して金属担持光触媒微粒子により吸着汚染物質を分解することを特徴とする金属担持光触媒型の空気清浄器。

【請求項2】 粒径が10nm以下の金属超微粒子を光触媒微粒子1個当りに100個以上担持させた金属担持光触媒微粒子を用いる請求項1記載の空気清浄器。

【請求項3】 前記吸着材に汚染空気を強制送風するファンを付設した請求項1又は2記載の空気清浄器。

【請求項4】 汚染空気を取り入れる吸入口と、吸着材に汚染物質粒子を吸着させた後空気を排出させる放出口を付設した請求項3記載の空気清浄器。

【請求項5】 汚染空気中の汚染物質を検出するセンサーと、このセンサーからの信号でファンおよび励起光源を駆動制御する駆動制御回路を付設した請求項3又は4記載の空気清浄器。

【請求項6】 前記センサーと励起光源を各々複数段設け、各センサーの汚染物質検出濃度を段階的に設定し、汚染濃度の高低に従って励起光源の点灯時間又は点灯本数を制御するようにした請求項5記載の空気清浄器。

【請求項7】 前記吸着材は吸着性繊維体からなる請求項1ないし6記載の空気清浄器。

【請求項8】 前記吸着性繊維体を吸着性布で構成し、この吸着性布をジグザグに配置して汚染空気との接触面積を増大させた請求項7記載の空気清浄器。

【請求項9】 前記吸着性布を汚染空気が透過しやすい吸着性ガーゼ状布で構成し、汚染空気を吸着性ガーゼ状布に透過させながら汚染物質粒子を吸着させる請求項8記載の空気清浄器。

【請求項10】 前記吸着性繊維体を吸着性布で構成し、この吸着性布を汚染空気の流れ方向に隙間を有するように複数段積層配置し、この隙間に励起光源を配置して、汚染空気を前記の隙間に通過させる請求項7記載の空気清浄器。

【請求項11】 前記吸着性繊維体を吸着性布で構成し、この吸着性布を隙間を有するように螺旋状に巻回し、この隙間に励起光源を配置し、螺旋状布の軸方向に汚染空気を通過させる請求項7記載の空気清浄器。

【請求項12】 前記吸着性繊維体を汚染空気が透過しやすい吸着性ガーゼ状布で構成し、この吸着性ガーゼ状布を間隔を有して複数段積層配置し、この吸着性ガーゼ状布に汚染空気を透過させながら汚染物質粒子を吸着させる請求項7記載の空気清浄器。

【請求項13】 前記吸着性繊維体を吸着性繊維片で構成し、この吸着性繊維片を吸着用匡体の中に充填し、こ

の吸着用匡体を透過するように汚染空気を圧送し、汚染物質粒子を吸着性繊維片に吸着させる請求項7記載の空気清浄器。

【請求項14】 前記吸着材は汚染空気が通過するハニカム孔を形成した吸着性ハニカム固形体である請求項1ないし6記載の空気清浄器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は光触媒により汚染空気中の汚染物質粒子を分解する空気清浄器に関し、更に詳細には、光触媒活性を高めるために光触媒微粒子に金属超微粒子を担持させ、この金属担持光触媒微粒子を固形吸着材や吸着性繊維体等の吸着材表面に固定し、まず汚染物質粒子を吸着材表面に吸着し、その後、金属担持光触媒により分解する金属担持光触媒型の空気清浄器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の光触媒を用いた空気清浄器の典型例は、特許第2574840号公報の脱臭装置に開示されているように、活性炭やゼオライト等のハニカム状固形体からなる吸着材を用い、ハニカム状固形体の表面に二酸化チタン等の光触媒微粒子を分散状に固定し、ハニカム孔に汚染空気を通風しながら励起光源により光触媒を励起する構造のものである。また、ハニカム状固形体に代えて繊維状活性炭を吸着材として使用し、その表面に光触媒微粒子を分散固定して、表面に励起光を照射する例も開示している。

【0003】その作用を説明すると、汚染空気が通過する際に汚染物質粒子がそのハニカム孔表面および繊維状活性炭に吸着される。ハニカム固形体や繊維状活性炭等の吸着材は微小な孔（マイクロポア）を無数に保有した材料で、これらの微小孔に汚染物質粒子がはまり込むことで吸着されるのである。ハニカム固形体や繊維状活性炭の表面に励起光を照射すると、汚染物質粒子の近傍にある光触媒微粒子に電子・正孔対が生成され、この電子と正孔の光触媒作用により汚染物質粒子を分解する。ハニカム構造にするのは、汚染空気に対する接触面積を増大させて、吸着性能を増加させるためである。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】この従来の空気清浄器（脱臭装置）には次のような重大な欠点があった。最大の欠点は光触媒物質の分解効率が相対的に低いことである。活性炭や繊維状活性炭が大量の汚染物質を吸着しても、吸着した汚染物質を分解する力が小さければ、分解できない汚染物質が吸着材の表面に蓄積されてゆき、いずれ吸着材の吸着力が消尽してしまう。吸着材の交換は価格の高騰を招き、空気清浄器の普及を阻害する原因となっていた。

【0005】使用されている光触媒物質は二酸化チタン、酸化タングステン、酸化亜鉛などの金属酸化物の単

体またはその複合体である。この中でも、二酸化チタンの分解効率が比較的高く、しかも安全性が高いために広範囲に使用されてきた。本田-藤島効果として知られるように、20年以上前に発見されてから現在に至るまで、二酸化チタンの有機物分解力等の光触媒特性は酸化物質半導体の中でも群を抜いている。発見当初は水を分解して水素を作り、その水素をクリーン燃料としてガソリンの代わりに使用する研究が活発に行われた。しかし、研究はなかなか進展しなかった。その理由は二酸化チタン自体の光触媒効率に限界があったからである。この事は酸化タングステン等の他の光触媒物質でも同様である。

【0006】この理由は次のように考えられる。光触媒反応を簡単に述べると、二酸化チタンに紫外線などの励起光を照射すると内部に電子・正孔対が生成される。正孔は表面で $\text{OH}^-$ に作用して水酸ラジカルを生成する。他方、電子は表面で $\text{O}_2$ に作用して $\text{O}_2^-$ （スーパーオキサイドアニオン）を生成する。この水酸ラジカルと $\text{O}_2^-$ が近傍にある吸着汚染物質を直接攻撃して分解する。ところが、この様な分解反応が生起する前に二酸化チタン内部または表面で電子と正孔が再結合して消滅することが分かってきた。電子と正孔が $\text{O}_2^-$ や水酸ラジカルを生成する前に消滅すれば、光触媒効果を発揮できない事は言うまでもない。

【0007】そこで、電子と正孔の再結合を阻害するために、二酸化チタン表面に金属電極を形成する金属担持光触媒が開発された。この金属電極はミクロンサイズの大きさで、励起電子を金属電極に集中的に集めて二酸化チタン側の正孔と分離しようとするものである。この金属担持光触媒の光触媒効率を測定してみると、従来の光触媒より2~4倍程度に増加しただけで、光触媒効率が格段に増加したとはとても云える状態ではなかった。

【0008】光触媒効率が激増しなかった理由は、金属電極の大きさがミクロンサイズに留まっていることである。このような金属微粒子では通常のバルクの金属と同様の物性を示すから、最初は金属に電子が集まっても、ある程度集中すると逆に静電斥力によって電子を反発する作用を生じる。又、金属と二酸化チタンの界面を電子が通過する際にも、そのバリアーを突破するために一定以上のエネルギーを要する。つまり、少量の電子を集めることはできても大量の電子を集中させることは困難である。更に、金属微粒子がミクロンサイズと大きいために、二酸化チタン微粒子1個当りに担持できる金属微粒子の個数も数十個の範囲を越えることができなかった。即ち、金属微粒子がミクロンサイズであることと、その担持密度が小さいことが光触媒効率の頭打ちの原因である。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上記欠点を解消するためになされたもので、本発明に係る金属担持光触

媒型の空気清浄器は、粒径が10nm以下の金属超微粒子を光触媒微粒子に担持させた金属担持光触媒微粒子を用い、この金属担持光触媒微粒子を多数分散固定させた吸着材を配置し、この吸着材に励起光を照射する励起光源を設けることにより、前記吸着材に汚染空気中の汚染物質粒子を吸着させ、励起光を照射して金属担持光触媒微粒子により吸着汚染物質を分解することを特徴としている。また、上記構成において、粒径が10nm以下の金属超微粒子を光触媒微粒子1個当りに100個以上担持させた金属担持光触媒微粒子を用いることを特徴としている。更に、前記吸着材に汚染空気を強制送風するファンを付設し、また汚染空気を取り入れる吸入口や空気を排出させる放出口を付設する空気清浄器を提案する。但し、本発明で云う汚染物質粒子とは、空気清浄器が浄化の対象とする物質粒子を総称し、タバコやホルムアルデヒド等の毒性有機物質だけでなく、制御環境には不要な非毒性有機物質や、硫化水素、かび、細菌等の広範囲の物質群を包含する。

【0010】又、汚染空気中の汚染物質を検出するセンサーと、このセンサーからの信号でファンおよび励起光源を駆動制御する駆動制御回路を付設した空気清浄器を提案する。このセンサーと励起光源を各々複数段設け、各センサーの汚染物質検出濃度を段階的に設定し、汚染濃度の高低に従って励起光源の点灯時間又は点灯本数を制御するようにした空気清浄器を提案する。

【0011】更に、吸着材として吸着性繊維体が用いられる空気清浄器と吸着性ハニカム固形体が用いられる空気清浄器を提案する。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明者は金属担持光触媒の光触媒機能を増強するために鋭意研究した結果、ナノスケールの金属超微粒子を光触媒微粒子表面に担持させることにより、光触媒微粒子単体よりも光触媒機能を約100~1000倍以上にまで増強できることを発見した。従って、ミクロンスケールの金属微粒子を担持した従来の金属担持光触媒と比較した場合でも、触媒効率を約25~250倍位にまで増強することができる。これは金属を微粒子から超微粒子へと極小化すること、即ち粒径をミクロンスケールからナノスケールに、換言すれば粒径をミクロンスケール（約0.1 $\mu\text{m}$ 以上）の1/10~1/1000程度にまで極小化することによって達成できるのである。本発明で用いられる金属超微粒子の平均粒径は10nm以下、より好ましくは5nm以下である。これより大きくすると後述する量子サイズ効果の発現が小さくなって光触媒効率の増強が顕著でなくなる。他方、下限は原子サイズに近接する程度であり、ただ原子サイズに近接するほど金属超微粒子の作製が技術的に困難になる。

【0013】光触媒物質として二酸化チタン等の光触媒微粒子を利用する場合には、光触媒微粒子1個に担持で

きる金属超微粒子の個数、つまり金属超微粒子の担持密度がその粒径とともに重要な要素となる。本発明ではナノスケールにまで極少化された金属超微粒子を用いることにより、光触媒微粒子1個に多数の金属超微粒子を担持させることを可能にした。本発明者の研究によれば、光触媒微粒子1個当りに担持される金属超微粒子の平均個数は100個以上、好ましくは200個以上に設定することが望まれる。担持密度が100個以上であれば量子サイズ効果との相乗効果により光触媒効率を従来より顕著に増大化できる。200個以上であれば光触媒効率の格段の増加を達成できる。

【0014】担持密度を100個以上にするには、その担持方法に工夫が必要である。発明者が開発した方法は、コロイド焼成法と呼ばれている。即ち、所望の金属を含有した有機金属錯体等の有機金属化合物と二酸化チタン等の光触媒物質の粉末を適当な公知の親水溶媒中に分散させる。有機金属化合物は疎水コロイドを形成し、この金属化合物コロイド粒子が光触媒粉末粒子の表面に多数付着する。この混合液中の固体残留物を焼成すると、有機金属化合物のうちの有機物は逃散し、金属だけがナノスケールの超微粒子となって光触媒微粒子の表面に担持されるのである。有機金属錯体などの有機金属化合物と光触媒粉末の濃度を調整することにより前述した担持密度の金属担持光触媒を得ることができる。

【0015】担持される金属超微粒子は遷移金属であればよい。遷移金属元素とは不完全なd殻を有する元素で原子番号21(Sc)～29(Cu)、39(Y)～47(Ag)、57(La)～79(Au)および89(Ac)～理論的には111までの4グループからなる金属元素である。d殻が不完全であるために最外殻がd電子により方向性を有し、その結果光触媒物質からやってくる励起電子を金属超微粒子表面で捕まえ易く、スーパーオキシドアニオンを生成し易い。長寿命性の観点から貴金属が適切で、また金属単体でも触媒として利用できる金属が望ましい。例えばAu、Pt、Ag、Pd、Rhが好ましく、金属としての安定性の観点からAu、Pt、Pdがより好ましい。

【0016】金属超微粒子により発現する量子サイズ効果について以下に検討する。例えば直径1nmの超微粒子を考えると、その中に金属原子は原子のサイズに依存するが約10～100個程度しか存在しない。又直径10nmの金属超微粒子になると約10000～100000個の原子を含有すると考えられる。このように原子数の少ない金属超微粒子では、金属の電子エネルギー状態はバンド構造から次第に離散化し、エネルギー準位が広範囲に分布する。この準位の離散化は電子の緩和時間、即ちその準位からフェルミ準位に落ちるまでの時間を長くする効果を奏する。つまり、電子が準位に滞在する時間が長くなるのである。同時に、エネルギー準位に対応した波動関数が左右に裾を延ばしながら金属外部に

もはみ出し、同時にピークが低くなる効果も有する。つまりこの波動関数に乗った電子は量子トンネル効果により容易に外部に移動できることになる。本発明において量子サイズ効果という場合には、上記したようにエネルギー準位の離散化と波動関数の非局在化による量子トンネル効果の発現を意味する。従って、金属超微粒子の粒径が小さくなるほど量子トンネル効果の発現は大きくなるから、できるだけ小さな金属超微粒子の担持が望まれる。

【0017】金属超微粒子を担持した光触媒物質が如何に有機物に対し効率的に酸化還元を行うかを考えてみよう。光触媒物質に紫外線等の励起光を照射すると電子-正孔対が形成され、価電子帯に正孔を残して伝導帯に電子が励起される。電子は伝導帯の高い位置に遷移するが、次第にエネルギーを失いながら伝導帯の底に落ちてくる。金属のエネルギー準位はある程度密に離散化しているから、光触媒物質の伝導帯の底に対応したエネルギー準位が必ず存在する。しかもその準位の波動関数は左右に長く裾を引いており、二酸化チタン内部から金属外部にまで延びている。つまり、光触媒物質と金属のエネルギー準位は金属の波動関数を介して共鳴的に連続していることになる。従って、伝導帯の底にある励起電子はその金属の波動関数に乗って一気に金属を介して外部に量子トンネル効果により放出される。光触媒物質と金属が共鳴状態にあるため、この量子トンネル効果を共鳴トンネリングと称する。金属中の準位は離散化しているので緩和時間は長く、電子は金属のフェルミ準位の上に落ちる前に容易に金属外に放出されるのである。

【0018】光触媒物質の価電子帯にある正孔は表面に移動し、表面に付着した水を酸化して水酸ラジカルという強酸化物を生成し、この水酸ラジカルが外部物質を酸化分解していると考えられている。一方、金属外に共鳴トンネリングで放出された電子は空気中の酸素を還元して $O_2^-$ というスーパーオキシドアニオンを生成し、このアニオンが外部物質の分解に関与していると考えられている。特に、本発明では金属に移動した励起電子は金属中に蓄積されずに直ちに外部に放出されるから外部に反発電場が形成されず、励起電子を次々と吸引することができる点で優れた還元力を有している。

【0019】常識的観点からすれば、光触媒物質としては、還元電位としての $O_2$ 電位と酸化電位としてのOH電位がエネルギーギャップ内に位置する物質が選択される。言い換えると、還元電位はギャップ内の上側に位置し、酸化電位はギャップ内の下側に位置するような光触媒物質を選択することが望まれる。この場合に、励起電子は伝導帯の底から還元電位に落ちて対象物質を還元し、正孔は価電子帯の上端から酸化電位に登って対象物質を酸化する。しかし、本発明では金属超微粒子の共鳴トンネリングが効力を発揮するため、還元電位は伝導帯の底の位置またはその上側にあってもよい。即ち、伝導



帯に励起された電子はその底に落ちる前に、直ちに金属の波動関数に乗って水平的に $O_2$  電位に移行することが可能だからである。その意味で、本発明は光触媒物質の選択幅を大幅に拡大した。

【0020】例えば、ルチル型二酸化チタンは、 $O_2$  電位が伝導帯の底より0.08 eV上に位置しているため、光触媒物質として従来全く利用できず、高価なアナターゼ型二酸化チタンを利用する以外なかった。しかし、本発明では、共鳴トンネリングにより安価なルチル型二酸化チタンも光触媒として利用できるようになり、その意義は画期的である。

【0021】上記の性質を満足する光触媒物質としては金属酸化物半導体が適切である。金属酸化物は金属単体と比較して極めて安定な物質であるため、他物質との反応性が低くて安全でもあり、しかも電子の授受を十分に行うことができる。例えば、 $WO_3$ 、 $CdO_3$ 、 $In_2O_3$ 、 $Ag_2O$ 、 $MnO_2$ 、 $Cu_2O_3$ 、 $Fe_2O_3$ 、 $V_2O_5$ 、 $TiO_2$ 、 $ZrO_2$ 、 $RuO_2$ 、 $Cr_2O_3$ 、 $CoO_3$ 、 $NiO$ 、 $SnO_2$ 、 $CeO_2$ 、 $Nb_2O_3$ 、 $KTaO_3$ 、 $SrTiO_3$ 、 $K_4NbO_{17}$ 等が挙げられる。特に、この中でも生成される電子-正孔密度やスーパーオキサイドアニオン・水酸ラジカル密度および材質としての耐腐食性・安全性等の観点から $TiO_2$ 、 $SrTiO_3$ 、 $K_4NbO_{17}$ が好ましく、特に二酸化チタンである $TiO_2$ が最も望ましい。 $TiO_2$ としてはアナターゼ型に限らずルチル型も利用できることは前述の通りである。

【0022】本発明に利用できる光触媒物質は微粒子である。微粒子はその表面積が極めて大きいから環境汚染物質と接触する確率が大きくなると同時に、多数の金属超微粒子を表面に担持することができる。また、微粒子の方が紫外線等の有効受光面積が大きくなり、光触媒効率がバルク物質より格段に高くなる。通常、金属酸化物は粉体であるから、二酸化チタンのような金属酸化物半導体が本発明には適する。粒径としては30 nm～1000 nm、より好ましくは50 nm～500 nmである。これより小さいと超微粒子に近づいて行くため製造に特殊な技術とコストがかかり、これより大きいと比表面積が小さくなって環境汚染物質・人体毒性物質・悪臭物質等との反応性が悪くなる。

【0023】例えば二酸化チタンを10 nm程度に超微粒子化することは可能であるが、独立した粒子として存在せず、二酸化チタン超微粒子が集合して団子状に固まり、結局前述のような大きな二酸化チタンの塊となる。この場合にはゴツゴツしているため表面積は単一固体よりは大きくなるから、反応性はより高くなる。本発明はこのように団子状になった光触媒微粒子も包含する。光触媒微粒子の形態は金属超微粒子を担持できる限り特に制限されず、例えば球状・ペレット状・粒状などの形態で利用できる。

【0024】本発明は、上述した金属担持光触媒微粒子を吸着材の表面に分散状に固定している点に特徴を有する。吸着材の表面には無数の微小孔（マイクロポア）が開いており、この微小孔の孔径は数 nmの大きさである。本発明は、この微小孔に汚染物質粒子を吸着し、その後金属担持光触媒微粒子により吸着された汚染物質粒子を分解するものである。

【0025】吸着材には活性炭、ゼオライト、多孔質のセラミックス、アルミナ、シリカゲルの単体や複合体等があり、汚染物質粒子を表面に吸着できる物質を総称する。この吸着材を実際に使用する形態には、粉体で使用する場合、粒体で使用する場合、繊維状・平面状・固形体で使用する場合等があり、使用目的に応じて随時選択すればよい。固形体の場合には、汚染空気との接触面積をできるだけ大きくするためにハニカム形状にすることが望まれ、本発明では吸着性ハニカム固形体と呼ぶ。汚染空気を流通するために多数のハニカム孔を形成すればよい。また平板状の固形体では表面に無数の凹凸を形成すれば表面積を大きくできる。

【0026】繊維状の吸着材を本発明では吸着性繊維体と呼ぶが、具体的には活性炭素繊維が挙げられる。繊維状にすれば個々の繊維の表面積が加算されるから総表面積は極めて大きくでき、固定する金属担持光触媒微粒子の重量も大きくできる。金属超微粒子担持光触媒の重量は繊維重量の0.1～30%、望ましくは1～20%である。繊維の形態には、織物・編物・不織布などの布、微小な布や短繊維等の繊維片、その他の各種形態が挙げられる。

【0027】金属担持光触媒微粒子を吸着材上に固定化するためには各種の方法がある。例えば、金属超微粒子担持光触媒からなる粉末を適当な溶媒中に分散させ、この溶媒中に吸着材を浸漬して金属担持光触媒微粒子を固定する浸漬法。また金属超微粒子担持光触媒を分散させた溶媒を素材に噴霧するスプレー法、ローラーや刷毛での塗着法もある。また、金属超微粒子担持光触媒を吸着材上に静電吸着させる方法がある。金属超微粒子担持光触媒微粒子も吸着材も自然状態で静電気を帯びており、この静電吸着力により金属超微粒子担持光触媒微粒子の粉末を吸着材に噴霧固定する方法や粉末中に素材を押し付けて固定させる方法等がある。又、電気集塵の原理によりまず金属超微粒子担持光触媒微粒子をコロナ放電により強制帯電させておき、極板間の電界力で極板間又は極板上にある吸着材表面に固定することもできる。これらの方法により金属超微粒子担持光触媒微粒子を固定した素材を適当温度に加熱して素材に更に強固に固定させることもできる。

【0028】吸着性繊維体の表面に金属超微粒子担持光触媒を固定するには、吸着性繊維体の表面に上記の方法で金属超微粒子担持光触媒微粒子を固定し、その後これらの繊維を所定温度で焼成すれば金属超微粒子担持光触

媒を強固に固定できる。また、原料繊維を炭化処理して炭素繊維にし、さらに賦活化処理により活性炭素繊維にした後、金属超微粒子担持光触媒を前述の方法で活性炭素繊維上に固定することもできる。

【0029】炭素繊維の原料にはレーヨン繊維や石油ピッチ・石炭ピッチを熔融紡糸したピッチ繊維、アクリル繊維、その他多くの繊維があり、これらの繊維を炭素繊維や活性炭素繊維に変成するのほぼ同じ焼成法を適用できる。中でも炭素繊維の原料の主力はPAN（ポリアクリロニトリル）で、これを紡糸したものがアクリル繊維である。このアクリル繊維について以下説明すると、このアクリル繊維を不活性雰囲気中で1000～1800℃の温度で加熱すると、アクリル繊維が炭素繊維になる。この炭素繊維を水蒸気と二酸化炭素と窒素等の混合ガス中で賦活化処理すると無数のミクロポア（微小孔）が形成された活性炭素繊維を形成でき、この活性炭素繊維に金属超微粒子担持光触媒を保持させるのである。活性炭素繊維の吸着力と金属超微粒子担持光触媒の分解力により、自浄分解能力を格段に向上させることができる。

【0030】本発明において利用できる励起光源は、光触媒物質のギャップ・エネルギー以上のエネルギーを有する光源であればよく、通常は紫外線灯が用いられる。特に二酸化チタンを用いる場合には、ルチル型とアナターゼ型があり、各々のギャップ・エネルギーを波長に換算すると、ルチル型は407nm、アナターゼ型は388nmである。従って、二酸化チタンに対する光源の波長分布は400nmをピーク付近に有すれば両者に対応できる。紫外線灯の中でも誘蛾灯は400nmがピーク近傍にあるため、ルチル型およびアナターゼ型両方に有効である。

【0031】自然太陽光線は可視光線が中心であるが、400nmのエネルギー領域を含んでいるために十分に利用できる。特に自然太陽光線では388nmより407nmの方が光強度が高いのでルチル型の方がアナターゼ型よりも有効である。この場合の励起光源とは、太陽光自体であり、また太陽光が照射しない場所では外界から光ファイバー等により太陽光線を導入する装置や吸着材を照射する装置等が励起光源となる。本発明によりルチル型二酸化チタンを光触媒として利用できることは自然太陽光線を活用できる大きな道を開いたものである。従来の光触媒では、屋外での太陽光線の利用は光強度が強いために可能であったが、屋内利用では光強度が弱い点となっていた。しかし、本発明では光触媒効率が格段に増強されているため、太陽光線を光源として屋内における光触媒の利用の拡大を図ることが可能となった。

【0032】本発明に係る空気清浄器の最も単純な構成は、金属担持光触媒を分散固定した吸着材と励起光源の組み合わせである。例えば、平面状の吸着材（吸着板）に

金属担持光触媒を分散固定して壁・床・天井等に配置し、自然太陽光や紫外線灯を励起光源とする場合である。この場合には室内空気の流れにより汚染空気が吸着板の表面に接触したときに吸着板が空気中の汚染物質粒子を吸着し、吸着板の表面に照射される励起光により金属担持光触媒が作用して汚染物質を分解する作用を行う。自然太陽光を励起光源とする場合には自然太陽光がよく入射する適切な場所に吸着板を配置する必要がある。紫外線灯を励起光源とする場合には、紫外線の反射光が人体に当たらないように工夫することが望まれる。上記の構成にファンを追加し、室内空気を強制循環させて汚染物質を吸着分解する空気清浄器が提案される。強制循環によって吸着分解効率を高めることができる。また、従来の空気調和器と同様に、吸着材と励起光源とファンとをケーシング内に配設し、吸入口と放出口を設けて一体型の空気清浄器とすることもできる。励起光がケーシングにより外部に漏洩しないから安全である。更に、従来の空気調和器の内部に本発明に係る空気清浄器の機能を付設すれば、室内空気を冷暖調節しながら空気を浄化することができる。

【0033】

【実施例】図1は本発明に係る空気清浄器の第1実施例の一部破断正面図である。この空気清浄器2は中央清浄器4と左右の側部清浄器6、6から構成されている。中央清浄器4は生活臭などの空気より重い汚染物質を分解する装置であり、従って下方に吸入口8および上方に放出口10を設けている。ファンFにより吸入口8から汚染空気を吸入し、吸着性繊維体の一種である吸着性布14で汚染物質粒子を吸着分解した後、放出口10から清浄化された空気を排出する。ファンFはシロッコファンを利用している。汚染物質を検出する中央センサーSSは、空気より重い汚染物質を早期に検出するために装置の下方に配置され、弱センサーSAと強センサーSBから構成される。また、点線で表わされた駆動制御回路CCはセンサー、ファンおよび下記の励起光源を電子的に制御する回路である。

【0034】図2は図1のI-I線断面図であり、吸着性布14の配置状況を示している。汚染空気との接触面積を大きくするために、吸着性布14は3本の支持棒16により前後方向にジグザグ状に配置され、その中間部に励起光源LA、LBを水平配置してそのジグザグ配置を補強している。ファンFにより吸引された汚染空気の流れは実線矢印により示される通りである。励起光源LA、LBからの励起光は直接的にまたは正面板3の内面に反射されて吸着性布14に照射される。反射率を高めるために、正面板3をアルミ等の金属で形成してもよいし、反射膜をその内面に形成してもよい。励起光の直接経路および反射経路の道筋は点線矢印により示されている。

【0035】また図1に示すように、側部清浄器6、6

はタバコの煙のような空気より軽い汚染物質を分解する装置であり、従って上方に吸入口8および下方に放出口10を配置している。吸入口8の内部にはプロペラ状のファンFが配設され、吸着性布14は多数の支持桿16により左右にジグザグ状に配置されている。この吸着性布14に対向して3本の励起光源LC、LD、LEが設けられている。汚染空気はファンFにより実線矢印方向に流れ、ジグザグ配置された吸着性布14と接触しながら放出口10から排出される。吸着性布14に吸着された汚染物質粒子は励起光源LC、LD、LEの励起光により分解される。励起光は点線矢印で示されている。汚染物質を検出する側部センサーSは、空気より軽い汚染物質を早期に検出するために装置の上方に配置され、弱センサーSC、中センサーSD、強センサーSEから構成される。これらのセンサー、ファンおよび励起光源も前記の駆動制御回路CCで制御されている。

【0036】図3は吸着性布14の要部拡大図であり、活性炭素繊維を織成して得られる織物である。本実施例の吸着性布は、この様な織物以外に編物、フェルトなど布状を構成するものなら何でもよい。

【0037】図4は金属担持光触媒微粒子を固定した吸着性繊維の要部断面図である。吸着性繊維18は吸着性布14などの吸着性繊維体を構成する繊維であり、この表面には孔径が数nmの無数のミクロポア（微小孔）20が存在する。前述したように、汚染物質粒子22はこれらのミクロポア20にはまり込んで吸着されている。一方、吸着性繊維18には多数の金属超微粒子26を担持した光触媒微粒子24が固定されている。本発明では、金属超微粒子26を担持した光触媒微粒子24を金属担持光触媒微粒子28と呼ぶ。光触媒微粒子24には二酸化チタン微粒子が用いられることが多く、金属超微粒子26にはAuやPt等の貴金属が用いられる場合が多い。

【0038】量子サイズ効果を発揮できる金属超微粒子26の粒径は10nm以下である。コロイド焼成法により金属超微粒子担持光触媒微粒子を作成すればこの粒径条件を満足することができる。また、担持密度は光触媒微粒子1個当たり金属超微粒子100個以上である必要がある。この担持密度条件もコロイド焼成法により実現することができる。

【0039】図5には無数の金属担持光触媒微粒子28を固定した吸着性繊維18が示されている。この固定状態は吸着性繊維体に限らず、固形の吸着材においても表面に分散状に固定されている点で同様である。

【0040】次に、センサー、ファンおよび励起光源を制御する駆動制御回路CCの動作をタイムチャートに基づいて説明する。まず中央清浄器4の作動から説明すると、弱センサーSAは低濃度の汚染物質を検出し、強センサーSBは高濃度の汚染物質を検出するように調整されている。図6は低濃度汚染空気に対する中央清浄器4

の作動タイムチャートで、汚染空気の汚染濃度Rを弱センサーSAが検出すると、ファンFが作動し励起光源LAが点灯する。汚染濃度Rが一定値以下になると、弱センサーSAがオフになり、ファンFは停止する。しかし、汚染物質を分解するため、励起光源LAはその後所定時間だけ点灯を続け、同時に励起光源LBもそれと同じ時間だけ点灯する。

【0041】以上のように調整しているのは、吸着性布14のファン近傍は汚染空気の吸着の始点となるため汚れ易く、ファンFの作動と同時に、即ち吸着開始と同時に励起光源LAの点灯によって分解を開始するのである。吸着によって汚染濃度が一定値以下になった段階で、吸着性布14の全面の分解を始めるために励起光源LBを点灯する。点灯時間Tは汚染物質の分解が完了するために必要な時間が設定される。

【0042】図7は高濃度汚染空気に対する中央清浄器4の作動タイムチャートで、汚染空気の汚染濃度Rを強センサーSBが検出すると、ファンFが作動し励起光源LA、LBの両方が点灯する。汚染濃度が高いために吸着開始と同時に吸着性布14の全面の分解を始めるのである。空気循環にともなう吸着によって汚染濃度Rが低下し強センサーSBがオフになると、励起光源LBが消灯する。しかし、この段階で低汚染濃度に反応する弱センサーSAがオンになる。弱センサーSAがオンになった後は図6と全く同じ動作となる。但し、汚染濃度が高いために大量の汚染物質を吸着しており、励起光源LA、LBの分解用の点灯時間Tは図6の場合より長く設定されている。

【0043】次に側部清浄器6の作動を説明する。中央清浄器4との相違点は、中濃度の汚染物質を検出する中センサーSDを設けている点で、弱センサーSCと強センサーSEはそれぞれ低濃度汚染と高濃度汚染に対応している。図8は低濃度汚染空気に対する側部清浄器6の作動タイムチャートで、タバコの煙等で汚染された空気の汚染濃度Rを弱センサーSCが検出すると、ファンFが作動し励起光源LCが点灯する。ファンFの回転により吸着が進行して汚染濃度Rが一定値以下になると、弱センサーSCがオフになり、ファンFを停止して吸着動作を終了する。同時に励起光源LD、LEを励起光源LAと同様に点灯して吸着された汚染物質を分解する。その点灯時間Tは分解に必要な時間が設定される。吸入口8が上方にあるから、吸着性布14の吸入口付近は汚れ易く、そのため励起光源LCは吸着動作の間も点灯するように調整されている。

【0044】図9は中濃度汚染空気に対する側部清浄器6の作動タイムチャートで、汚染空気の汚染濃度Rを中センサーSDが検出すると、ファンFが作動し励起光源LC、LDの両方が点灯する。汚染濃度Rが低下して中センサーSDがオフになると、励起光源LDが消灯し、ほぼ同時に弱センサーSCがオンになる。弱センサーS



Cがオンになった後は図7と全く同じ動作となるため、その説明を省略する。但し、励起光源の点灯時間Tは図8の場合より長く設定される。

【0045】図10は高濃度汚染空気に対する側部清浄器6の作動タイムチャートで、汚染空気の汚染濃度Rを強センサーSEが検出すると、ファンFが作動し励起光源LC、LD、LEの全部が点灯する。汚染濃度Rがやや低下して強センサーSEがオフになると、励起光源LEが消灯しほぼ同時に中センサーSDがオンになる。中センサーSDがオンになった後は図9と全く同じ動作となるため、以後の説明を省略する。但し、点灯時間Tは図9よりも長く設定される。

【0046】以上のように、中央清浄器4が強弱の2段切替になっているのに対し、側部清浄器6、6は強中弱の3段切替になっている。これは励起光源の数に対応して設計されているだけである。実際には各種の設計が可能で、汚染濃度の検出、点灯時間、点灯本数および点灯強度の調整は駆動制御回路CCにより自在に変更することができる。

【0047】図11は本発明に係る空気清浄器の第2実施例の一部破断正面図であり、図1と異なる部分だけを説明して、他の部分には同一符号を付してその説明を省略する。第1実施例が吸着性繊維体として吸着性布14を利用していたのに対し、この第2実施例では吸着性ガーゼ状布15を利用している。この吸着性ガーゼ状布15は吸着性布14よりも目を荒くした繊維体で、汚染空気や励起光を透過できる程度にガーゼ状またはカヤ状に形成したものである。従って、側部清浄器6、6において実線矢印で表されるように、汚染空気は吸着性ガーゼ状布15を透過しながら放出口10から排出されてゆく。つまり汚染物質粒子は吸着性ガーゼ状の両面に吸着されるから、吸着効率が格段に向上できる。また、点線矢印で示すように、励起光もこの吸着性ガーゼ状布を透過するから直接光と透過後の反射光の両方が励起光線として利用でき、分解効率も格段に向上する。

【0048】図12は図11のI-I線断面図で、中央清浄器4の汚染空気の流動と励起光の経路を示している。図11と全く同様に、汚染空気と励起光は吸着性ガーゼ状布15を透過できるから、吸着と分解を両面で行うことができ、吸着効率と分解効率を同時に向上できる。

【0049】図13は本発明に係る空気清浄器2の第3実施例である。ファンFにより吸入口8から吸入された汚染空気は吸着性布14の両側に分流してゆく。ジグザグ配置された吸着性布14の目が細かいために、汚染空気および励起光ともに吸着性布14を透過することができない。汚染空気を分流させることによって、吸着性布14の両面を活用する方式である。従って、ファンFの駆動により汚染空気が流動している間に、吸着性布14の両面に汚染物質粒子が吸着され、吸着完了後励起光源

L、L・・・によりその両面が励起されて吸着汚染物質が分解されることになる。

【0050】図14は本発明に係る空気清浄器2の第4実施例を示す斜視図である。汚染空気はシロッコファンからなるファンFにより吸引口8から吸引され、放出口10から排出される。吸着性布14は汚染空気の流れ方向に隙間を有して複数段に積層配置され、この隙間に励起光源が複数本配置されている。従って、汚染空気が前記の隙間を流動する際に吸着性布14の両面に汚染物質粒子が吸着されてゆく、吸着後、励起光源L、L・・・により分解される。この実施例では、吸着性布を複数段積層することによって汚染空気との接触面積を増大し、しかもその両面を活用して吸着分解効率の増大化を図っている。

【0051】図15は本発明に係る空気清浄器2の第5実施例を示す斜視図である。汚染空気はファンFの回転により吸引口8から吸引され、放出口10から排出される。吸着性布14は隙間を有して螺旋状に巻回され、この隙間に励起光源L、L・・・を配置し、この螺旋状布の軸方向に汚染空気を流動させる方式を採っている。従って、汚染空気が前記の隙間を流動する際に吸着性布14の両面に汚染物質粒子が吸着されてゆく、吸着後、励起光源L、L・・・により分解される。この実施例では、吸着性布を螺旋状に巻回することによって汚染空気との接触面積を増大し、しかもその両面を活用して吸着分解効率の増大化を図っているのである。

【0052】図16は本発明に係る空気清浄器2の第6実施例を示す斜視図である。汚染空気はファンFの回転により吸引口8から吸引され、放出口10から排出される。吸着性繊維体は汚染空気を透過しやすい吸着性ガーゼ状布15で構成され、この吸着性ガーゼ状布15を間隔を有して複数段積層配置し、この吸着性ガーゼ状布15、15・・・に汚染空気を透過させながら汚染物質粒子を吸着させてゆく。吸着が完了すると、励起光源L、L・・・を点灯して汚染物質粒子を分解する。この実施例では、吸着性ガーゼ状布15を汚染空気の流動方向に直交して複数段積層配置することによって汚染空気との接触面積を増大し、しかもその両面を活用して吸着分解効率の増大化を図っている。

【0053】図17は本発明に係る空気清浄器2の第7実施例を示す斜視図である。汚染空気はファンFの回転により吸引口8から吸引され、放出口10から排出される。その間に吸着用匡体BXが配置され、その上下面はメッシュ等からなる空気口となっている。この吸着用匡体BXの中には吸着性繊維片13が充填されている。本実施例では、この吸着性繊維片13は多数の吸着性短繊維の集合体である。しかし、1本の長繊維を巻回したものでよいし、複数本の長繊維の集合体でもよい。また小さな吸着性布の集合体でもよい。少なくとも、汚染空気が圧送できる程度の立体疎構造になっておればよい。

つまり、汚染空気はファンFにより吸着性繊維片13の間を圧送されながら流動し、汚染物質粒子の吸着が行われる。その後励起光源Lの点灯で分解がなされる。この実施例では、立体疎構造の吸着性繊維片と汚染空気を接触させるから、接触面積が平面構造よりも増大し、吸着分解効率の増大化を実現できる。

【0054】図18は本発明に係る空気清浄器2の第8実施例を示す断面図である。特に、この空気清浄器2は暖房や冷房が可能な空気調和型に設計されている。汚染空気はファンFの回転により吸引口8から吸引され、放出口10から排出される。吸引口8から吸引された汚染空気は熱交換器30を通過した後、吸着材である吸着性ハニカム固形体17に送られる。前記実施例群では吸着性繊維体を用いられてきたが、本実施例では吸着性の固形体が利用される。汚染空気を通過させるためにその流れ方向に多数のハニカム孔19が形成されており、このハニカム孔19の内面に金属担持光触媒微粒子が分散固定されている。近傍には励起光源Lが配置されており、汚染物質粒子を吸着した後励起光により分解が行われる。固形体の吸着材を利用する場合には、ハニカム固形体だけでなく、表面積を増大させるために多数の連通孔を有した吸着性固形体を形成し、汚染空気を圧送する方式でもよい。

【0055】本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲における各種の変形例、設計変更などをその技術的範囲内に包含するものである。

【0056】

【発明の効果】本発明は以上詳述したように、粒径が10nm以下の金属超微粒子を担持させた金属担持光触媒を使用しているから、量子サイズ効果の発現により光触媒効率を格段に増加でき、空気浄化機能の向上を達成できる。また、この金属超微粒子を光触媒微粒子1個当りに100個以上担持させた金属担持光触媒微粒子を使用すれば、その金属超微粒子の量子サイズ効果と高密度担持効果により光触媒を用いた空気清浄器の浄化機能を激増させる効果を有する。また、この金属担持光触媒微粒子を吸着材表面に多数分散固定させているから、まず吸着材に汚染物質粒子を吸着させ、その後高効率に分解することができ、環境を高衛生状態に保持できる効果を有する。同時に、高効率の金属担持光触媒が吸着材に吸着された汚染物質粒子をほぼ完全に分解するので、吸着材の永年使用を可能とする効果を有する。更に、吸着材として吸着性繊維体を用いた場合には、固形体と比較して繊維の表面積が極めて大きいので、吸着効果と分解効果を増大化でき、空気清浄器の更なる高効率化を達成できる効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は本発明に係る空気清浄器の第1実施例の一部破断正面図である。

【図2】図2は図1のI-I線断面図である。

【図3】図3は吸着性布の要部拡大図である。

【図4】図4は金属担持光触媒微粒子を固定した吸着性繊維の要部断面図である。

【図5】図5は無数の金属担持光触媒微粒子を固定した吸着性繊維の外観図である。

【図6】図6は低濃度汚染空気に対する中央清浄器の作動タイムチャートである。

【図7】図7は高濃度汚染空気に対する中央清浄器の作動タイムチャートである。

【図8】図8は低濃度汚染空気に対する側部清浄器の作動タイムチャートである。

【図9】図9は中濃度汚染空気に対する側部清浄器の作動タイムチャートである。

【図10】図10は高濃度汚染空気に対する側部清浄器6の作動タイムチャートである。

【図11】図11は本発明に係る空気清浄器の第2実施例の一部破断正面図である。

【図12】図12は図11のI-I線断面図である。

【図13】図13は本発明に係る空気清浄器の第3実施例である。

【図14】図14は本発明に係る空気清浄器の第4実施例を示す斜視図である。

【図15】図15は本発明に係る空気清浄器の第5実施例を示す斜視図である。

【図16】図16は本発明に係る空気清浄器の第6実施例を示す斜視図である。

【図17】図17は本発明に係る空気清浄器の第7実施例を示す斜視図である。

【図18】図18は本発明に係る空気清浄器の第8実施例を示す断面図である。

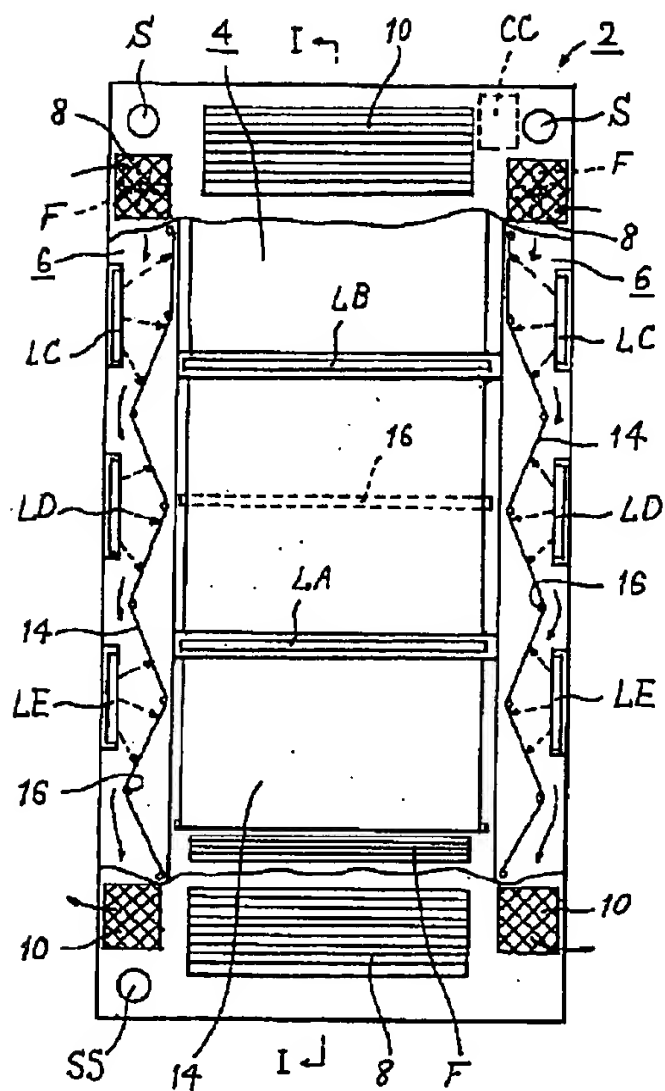
【符号の説明】

- 2・・・空気清浄器
- 3・・・正面板
- 4・・・中央清浄器
- 6・・・側部清浄器
- 8・・・吸入口
- 10・・・放出口
- 13・・・吸着性繊維片
- 14・・・吸着性布
- 15・・・吸着性ガーゼ状布
- 16・・・支持棒
- 17・・・吸着性ハニカム固形体
- 18・・・吸着性繊維
- 19・・・ハニカム孔
- 20・・・ミクロボア（微小孔）
- 22・・・汚染物質粒子
- 24・・・光触媒微粒子
- 26・・・金属超微粒子
- 28・・・金属担持光触媒微粒子

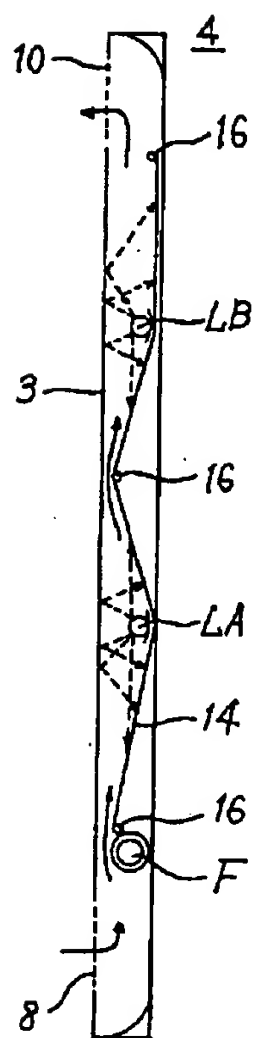
30・・・熱交換器  
 BX・・・吸着用匡体  
 CC・・・駆動制御回路  
 F・・・ファン  
 L、LA、LB、LC、LD、LE・・・励起光源  
 R・・・汚染濃度

S・・・側部センサー  
 SA、SC・・・弱センサー  
 SD・・・中センサー  
 SB、SE・・・強センサー  
 SS・・・中央センサー  
 T・・・点灯時間

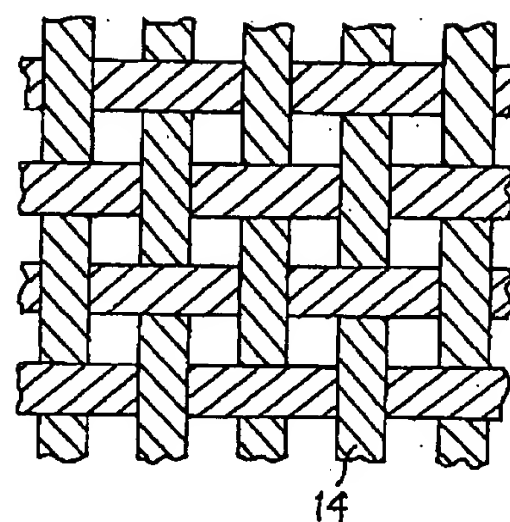
【図1】



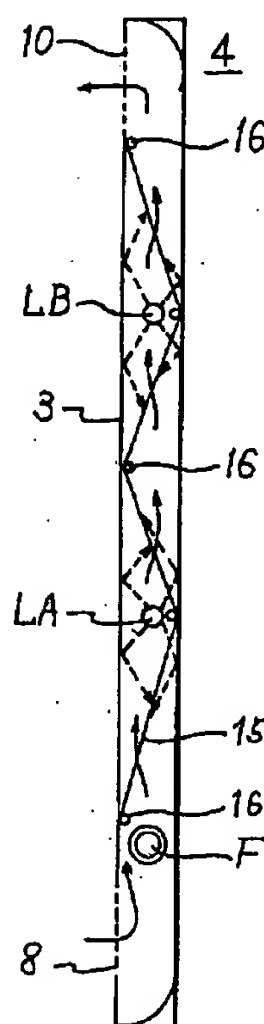
【図2】



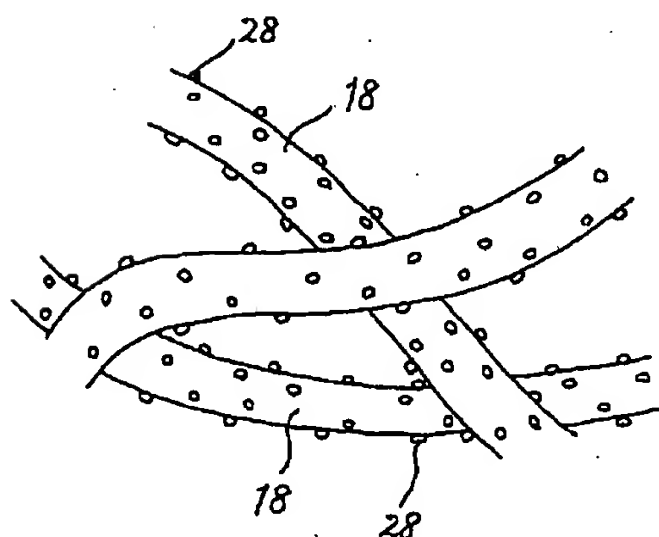
【図3】



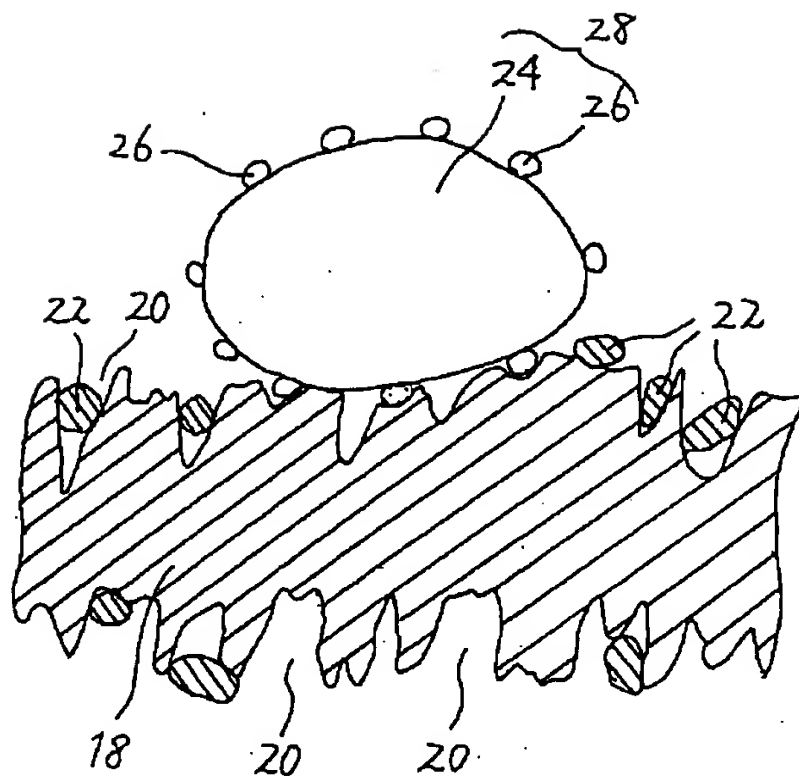
【図12】



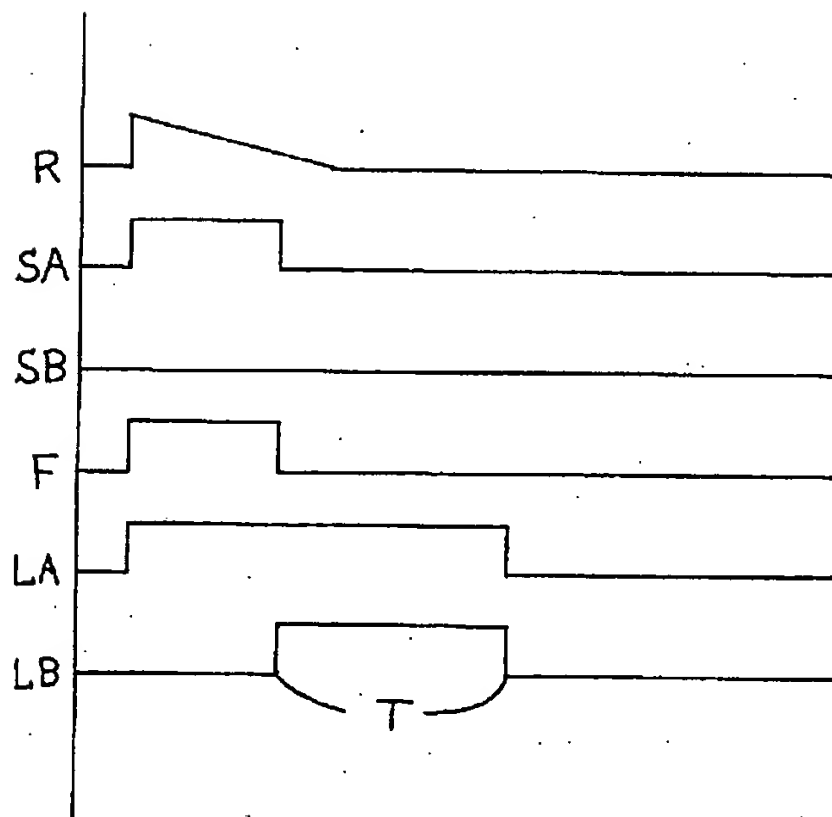
【図5】



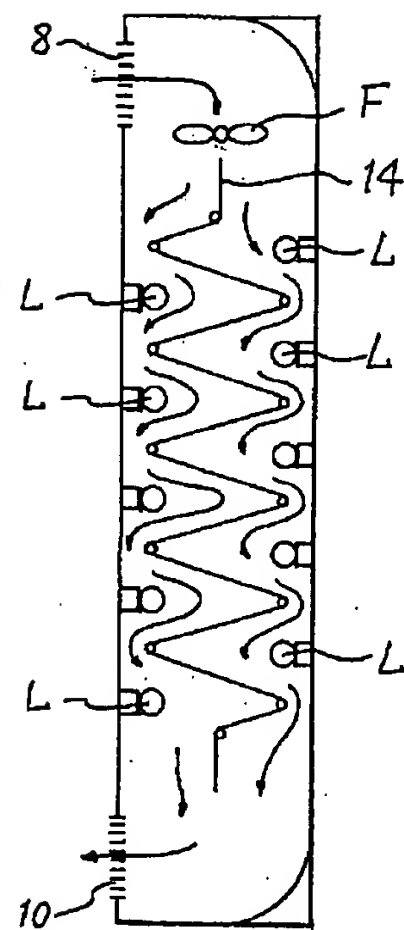
【図4】



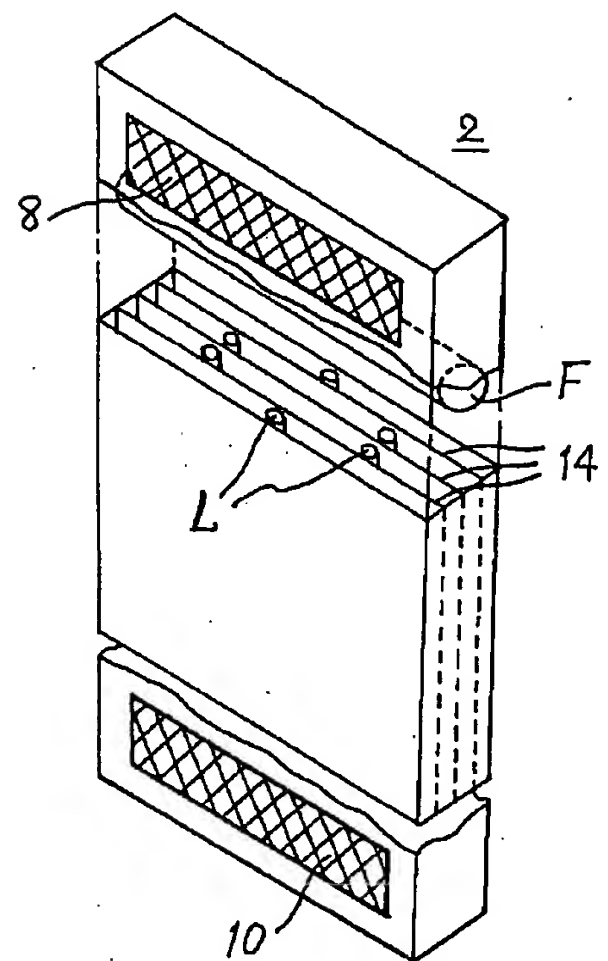
【図6】



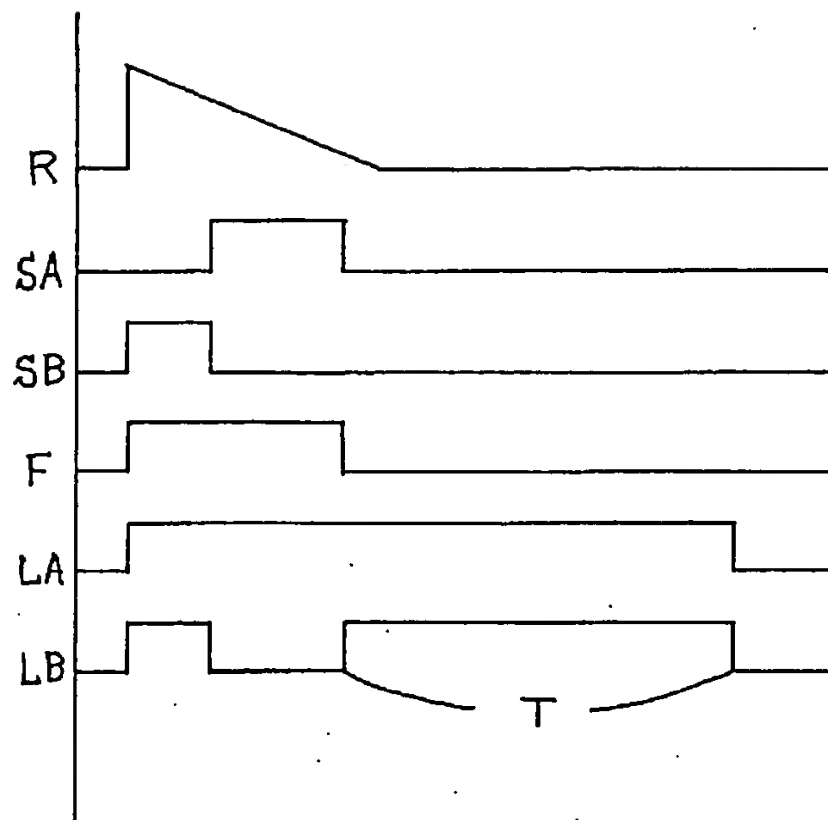
【図13】



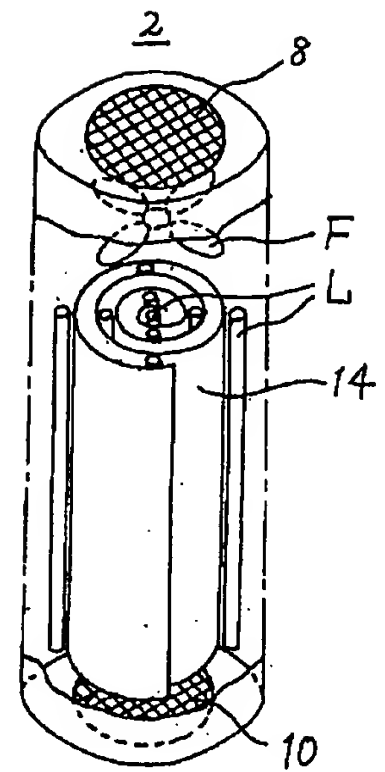
【図14】



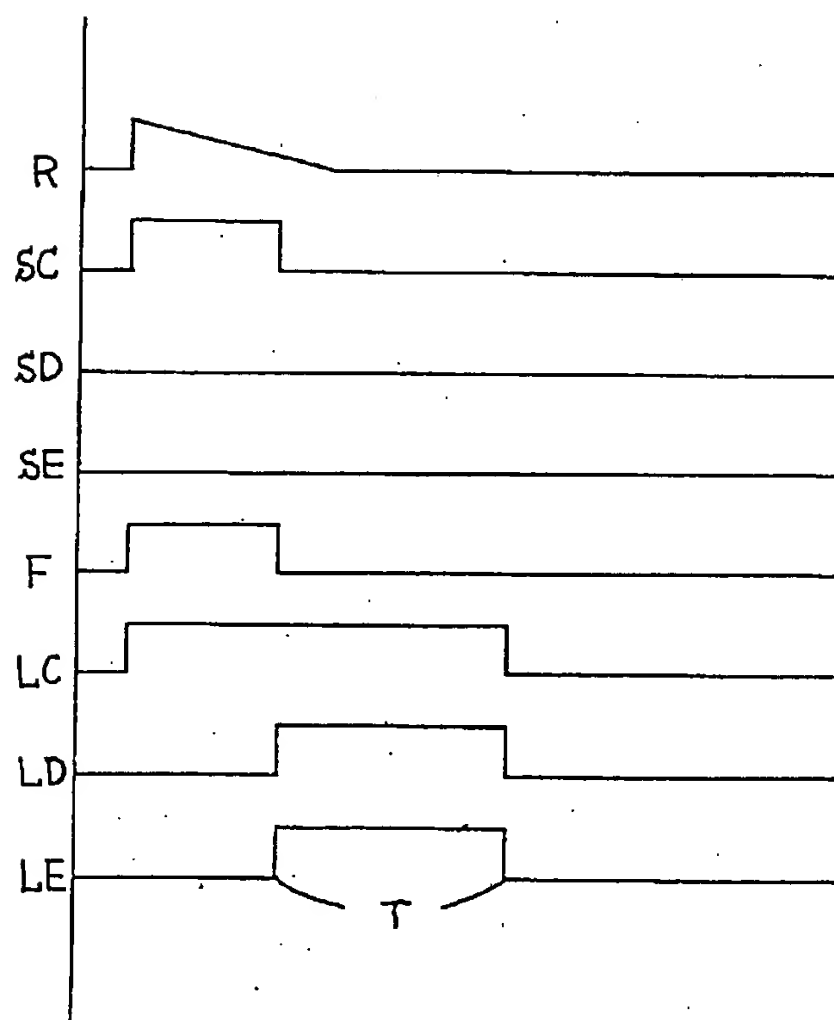
【図7】



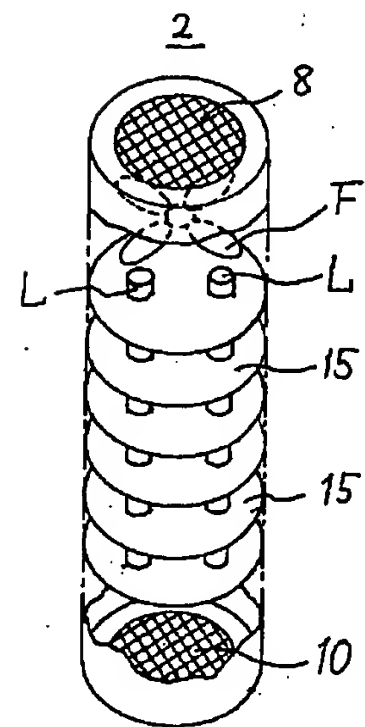
【図15】



【図8】

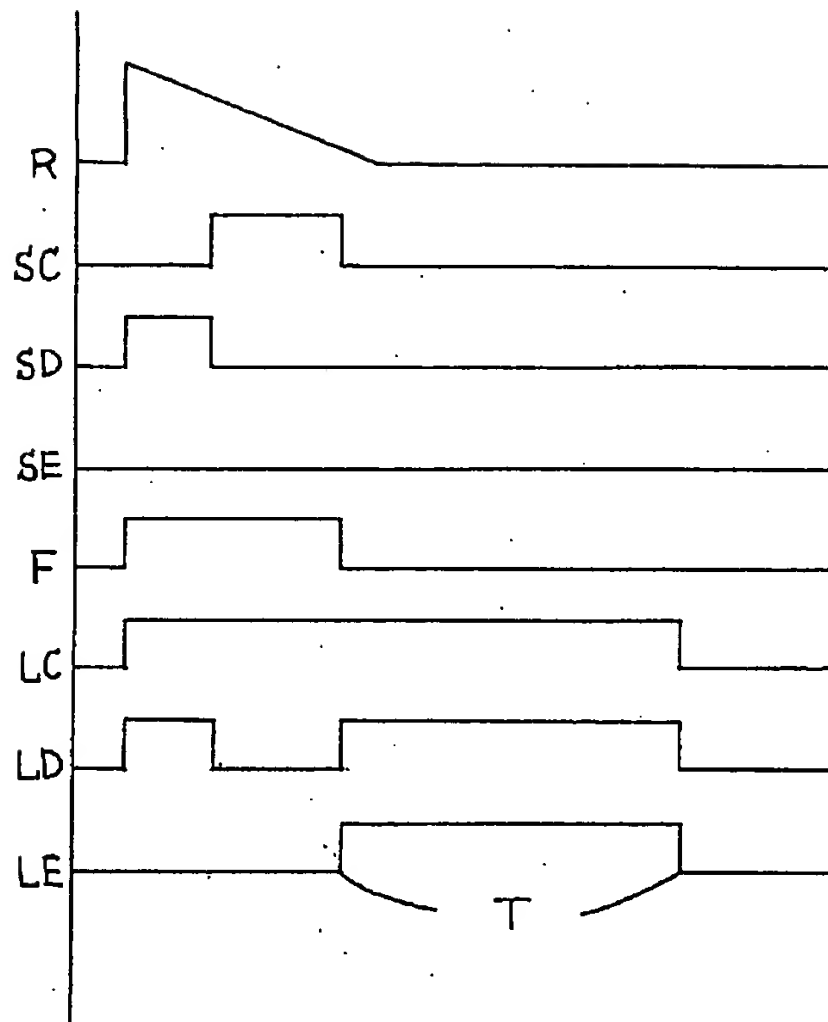


【図16】

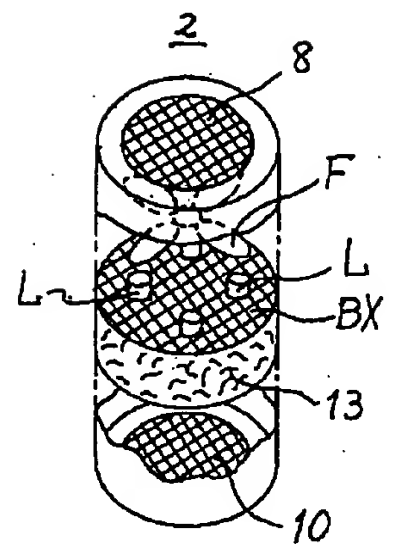




【図9】



【図17】



【図18】

